



CUSTOMER NO. 27123

Docket No. 1232-5317

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): Osamu KAKUCHI

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/791,081

Examiner: TBA

Filed: March 1, 2004

For: ABERRATION MEASURING METHOD

**CLAIM TO CONVENTION PRIORITY**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

In the matter of the above-identified application and under the provisions of 35 U.S.C. §119 and 37 C.F.R. §1.55, applicant(s) claim(s) the benefit of the following prior application(s):

Application(s) filed in: Japan

In the name of: Canon Kabushiki Kaisha

Serial No(s): 2003-062016

Filing Date(s): March 7, 2003

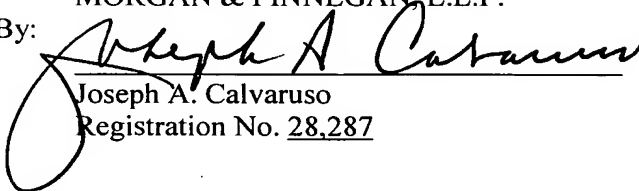
☒ Pursuant to the Claim to Priority, applicant(s) submit(s) a duly certified copy of said foreign application.

☐ A duly certified copy of said foreign application is in the file of application  
Serial No. \_\_\_\_\_, filed \_\_\_\_\_.

Dated: May 13, 2004

Respectfully submitted,  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

By:

  
Joseph A. Calvaruso  
Registration No. 28,287

Correspondence Address:  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.  
345 Park Avenue  
New York, NY 10154-0053  
(212) 758-4800 Telephone  
(212) 751-6849 Facsimile



Docket No. 1232-5317

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

Applicant(s): Osamu KAKUCHI

Group Art Unit: TBA

Serial No.: 10/791,081

Examiner: TBA

Filed: March 1, 2004

For: ABERRATION MEASURING METHOD

**CERTIFICATE OF MAILING (37 C.F.R. §1.8(a))**

Commissioner for Patents  
P.O. Box 1450  
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

I hereby certify that the attached:

1. Claim to Convention Priority w/1 document
2. PTO Form 1499
3. Return postcard receipt

along with any paper(s) referred to as being attached or enclosed and this Certificate of Mailing are being deposited with the United States Postal Service on date shown below with sufficient postage as first-class mail in an envelope addressed to the: Commissioner for Patents, P.O. Box 1450, Alexandria, VA 22313-1450.

Respectfully submitted,  
MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.

Dated: May 14, 2004

By: Helen Tiger  
Helen Tiger

**Correspondence Address:**

MORGAN & FINNEGAN, L.L.P.  
345 Park Avenue  
New York, NY 10154-0053  
(212) 758-4800 Telephone  
(212) 751-6849 Facsimile

日 本 国 特 許 庁  
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日            2 0 0 3 年   3 月   7 日  
Date of Application:

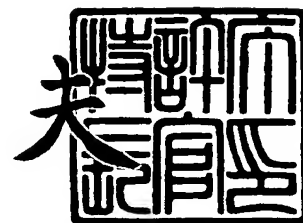
出 願 番 号            特 願 2 0 0 3 - 0 6 2 0 1 6  
Application Number:  
[ST. 10/C]:            [ J P 2 0 0 3 - 0 6 2 0 1 6 ]

出   願   人            キヤノン株式会社  
Applicant(s):

2 0 0 4 年   3 月 2 2 日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

今 井 康 夫



【書類名】 特許願

【整理番号】 224914

【提出日】 平成15年 3月 7日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 G01B 9/20

【発明の名称】 収差測定方法

【請求項の数】 1

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号 キヤノン株式会社  
社内

    【氏名】 此内 修

【特許出願人】

    【識別番号】 000001007

    【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100110412

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 藤元 亮輔

    【電話番号】 03-3523-1227

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 062488

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 0010562

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書  
【発明の名称】 収差測定方法  
【特許請求の範囲】

【請求項 1】 被検レンズの物体面又は像面上に光束を集光させる集光光学系と、前記被検レンズの像面又は物体面上に曲率中心が配置された反射光学系と、前記被検レンズの波面収差を干渉縞として検出する検出光学系とを有する収差測定装置を利用する収差測定方法であって、

前記集光光学系と前記検出光学系とを所定の位置に配置すると共に、第 1 の開口数において前記被検レンズの波面収差を測定する第 1 の測定ステップと、

前記集光光学系と前記検出光学系とを前記所定の位置とは光学的な相対位置が異なる位置に配置すると共に、前記被検レンズの開口数を前記第 1 の開口数よりも大きな第 2 の開口数に変更する開口数変更ステップと、

前記変更ステップで変更された前記第 2 の開口数において前記被検レンズの波面収差を測定する第 2 の測定ステップとを有することを特徴とする収差測定方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、一般には、収差測定方法に係り、特に、マスク上のパターンを観光性の基板に転写する投影光学系等の波面収差を測定する収差測定方法に関する。かかる投影光学系は、例えば、半導体ウェハ等の単結晶基板、液晶ディスプレイ（LCD）用のガラス基板などの被処理体を露光する際のリソグラフィー工程で使用される。

【0002】

【従来の技術】

フォトリソグラフィー（焼き付け）技術を用いて半導体メモリや論理回路などの微細な半導体デバイスを製造する際に、レチクル又はマスク（本出願ではこれらの用語を交換可能に使用する）に描画された回路パターンを投影光学系によってウェハ等に投影して回路パターンを転写する投影露光装置が従来から使用され

ている。

### 【0003】

投影露光装置では、レチクル上のパターンを所定の倍率（縮小率）で正確にウェハ上に転写することが要求されており、かかる要求に応えるためには、収差を極限に抑えて結像性能に優れた投影光学系を用いることが重要である。特に近年、半導体デバイスの急速な微細化により、通常の結像性能を超えるパターンを転写する場合が多くなってきており、転写パターンは、光学系の収差に対して敏感になってきている。一方で、投影光学系は露光面積を拡大し、開口数（NA）を大きくすることが求められており、収差補正を一層困難にしている。

### 【0004】

光学系の波面収差を高精度に測定する装置としては、フィゾー型やトワイマングリーン型の干渉計を応用したものが従来から使用されている。以下、図 乃至 図 7 を参照して、フィゾー型の干渉計を用いて投影露光装置の投影光学系に搭載される投影レンズを被検レンズとして波面収差の測定原理について説明する。ここで、図 7 は、従来の収差測定装置 1000 を示す概略構成図である。

### 【0005】

光源 1100 からの光は、干渉計ユニット 1200 に導光され、ハーフミラー 1210 を透過してコリメータレンズ 1220 で平行光とされ、TS レンズ 1300、被検レンズ 1400 を通って RS ミラー 1500 で反射される。RS ミラー 1500 で反射した光は、被検レンズ 1400、TS レンズ 1300 と逆方向に進み、ハーフミラー 1210 で反射して結像レンズ 1230 により CCD カメラ 1240 上に被検光として入射する。

### 【0006】

一方、TS レンズ 1300 の最終面（即ち、フィゾー面）で反射した光も、ハーフミラー 1210 で反射され、結像レンズ 1230 により CCD カメラ 1240 上に参照光として入射する。これらの 2 光束（即ち、被検光及び参照光）の干渉により CCD カメラ 1240 上で干渉縞が検出される。かかる干渉縞をもとに、波面収差を計算によって求めることができる。また、TS レンズ 1300 及び RS ミラー 1500 は、光軸方向にスキャンされ、所謂、フリンジスキャン法に

よって波面収差を連続で測定可能となっている。

#### 【0007】

ここで、被検レンズ1400の開口数を決定する開口絞り1410は、CCDカメラ1240と光学的に共役な関係となるように配置されている。かかる配置に関して、図8を用いて詳細に説明する。図8は、図7に示す開口絞り1410とCCDカメラ1240との配置関係を示す概略ブロック図である。

#### 【0008】

被検レンズ1400の開口絞り1410は、図8(a)に示すように、被検レンズ1400の後段光学系（開口絞り1410より像面側のレンズ系）1600及びTSレンズ1300によって、TSレンズ1300の前段焦点面FP（干渉計ユニット1200側）に共役となっている。更に、TSレンズ1300の前段焦点面FPは、干渉光学系（干渉計ユニット1200を構成するコリメータレンズ1220及び結像レンズ1230）1700によって、CCDカメラ1240の検出面1240aに共役となっている。正確には、TSレンズ1300を軸上の測定位置に配置し、開口絞り1410と検出面1240aが光学的に共役な関係となるように検出面1240aの位置を組み立て調整段階で調整している。

#### 【0009】

この結果、被検レンズ1400の開口絞り1410の径は、被検レンズ1400の有効開口数と一致しているが、開口絞り1410のエッジからの回折光は検出面1240a上に結像するために、干渉縞から検出される波面収差には影響を及ぼさない。

#### 【0010】

##### 【発明が解決しようとする課題】

しかしながら、TSレンズ1300が軸外の測定位置に移動した場合には、図8(b)に示すように、被検レンズ1400の開口絞り1410とCCDカメラ1240の検出面1240aとの光学的な共役の関係が崩れる。これは、TSレンズ1300が移動することによって干渉光学系1700が被検レンズ1400に対して相対的に動き、TSレンズ1300と干渉光学系1700との距離が $\Delta L$ （TSレンズ1300の移動量）だけ変化するためである。

**【0011】**

このように、被検レンズ1400の開口絞り1410とCCDカメラ1240の検出面1240aとの光学的な共役の関係が崩れると、回折光が検出面1240a上で広がりをもち、図9に示すように、被検レンズ1400の有効開口数 $NA_0$ （即ち、瞳）の周辺において、開口絞り1410からの回折光の影響によって測定した波面収差に急激な位相変化が生じて大きな測定誤差となる。ここで、図9は、従来の収差測定装置1000における被検レンズ1400の瞳周辺の波面収差を示す概略模式図である。

**【0012】**

特に、図7に示した収差測定装置1000のような物体面側から測定用の光を入射させる場合は、TSレンズ1300の軸上と軸外間の移動量が、像面側から測定用の光を入射させる場合に比べて大きくなるため（例えば、5倍の投影レンズの場合は、 $\Delta L$ が2.5倍の移動量となる）、回折光の広がりによる瞳周辺の波面収差の誤差が大きくなる。

**【0013】**

一方、測定像高に対応して、CCDカメラ1240又は結像レンズ1230を光軸方向に移動させ、常に開口絞り1410と検出面1240aとの光学的な共役の関係を保つようにすることも可能である。しかし、CCDカメラ1240又は結像レンズ1230の移動時の偏芯によって、CCDカメラ1240上で干渉縞が移動するため、波面収差の計算領域において中心座標の像高ごとに補正を行う必要が生じるなどして望ましくない。

**【0014】**

そこで、本発明は、被検レンズの有効開口数の全面に亘って、高精度な波面収差の測定が可能な収差測定方法を提供することを例示的目的とする。

**【0015】****【課題を解決するための手段】**

上記目的を達成するために、本発明の一側面としての収差測定方法は、被検レンズの物体面又は像面上に光束を集光させる集光光学系と、前記被検レンズの像面又は物体面上に曲率中心が配置された反射光学系と、前記被検レンズの波面収



差を干渉縞として検出する検出光学系とを有する収差測定装置を利用する収差測定方法であって、前記集光光学系と前記検出光学系とを所定の位置に配置すると共に、第1の開口数において前記被検レンズの波面収差を測定する第1の測定ステップと、前記集光光学系と前記検出光学系とを前記所定の位置とは光学的な相対位置が異なる位置に配置すると共に、前記被検レンズの開口数を前記第1の開口数よりも大きな第2の開口数に変更する開口数変更ステップと、前記変更ステップで変更された前記第2の開口数において前記被検レンズの波面収差を測定する第2の測定ステップとを有することを特徴とする。

#### 【0016】

本発明の更なる目的又はその他の特徴は、以下添付図面を参照して説明される好ましい実施例によって明らかにされるであろう。

#### 【0017】

##### 【発明の実施の形態】

以下、添付図面を参照して、本発明の一側面としての収差測定装置100及び露光装置200について説明する。なお、各図において同一の部材については同一の参照番号を付し、重複する説明は省略する。ここで、図1は、本発明の一側面としての収差測定装置100の例示的一形態を示す概略構成図である。

#### 【0018】

収差測定装置100は、被検レンズ400の使用波長に近い発振波長を有する可干渉性のよい光束（例えば、レーザー光）を光源110として、フィゾー型の干渉計を構成し、例えば、露光装置の投影光学系などの被検レンズ400の波面収差を測定する。以下、本実施形態では、被検レンズ400を投影光学系として説明する。

#### 【0019】

収差測定装置100は、図1に示すように、光源110と、干渉計ユニット120と、引き回し光学系130と、TS-XYZステージ140と、TSレンズ150と、RS-XYZステージ160と、開口数変更手段170と、主制御装置180とを有する。

#### 【0020】

収差測定装置 100 は、被検光と参照光を重ね合わせることによって干渉縞を形成し、被検レンズ 400 の波面収差を測定する。まず、被検光について説明する。図 1 を参照するに、光源 110 からの光束は、干渉計ユニット 120 に導光される。干渉計ユニット 120 の内部においては、集光レンズ 121 により空間フィルター 122 上に、光束が集められる。ここで、空間フィルター 122 の径は、コリメータレンズ 124 の開口数 (NA) によって決まるエアリーディスク径の 1/2 程度に設定されている。これにより、空間フィルター 122 からの射出光は理想球面波となり、ハーフミラー 123 を透過後、コリメータレンズ 124 により平行光に変換されて、干渉計ユニット 120 から射出される。その後、引き回し光学系 130 により、被検レンズ 400 の物体面 (レチクル面) の上部へと導かれ、TS-XYZ ステージ 140 (TS-XYZ ステージ 140 は、X ステージ 142、Y ステージ 144、Z ステージ 146 を含む) 上へと入射する。

#### 【0021】

TS-XYZ ステージ 140 に入射した平行光は、ステージ定盤 SB に固定配置されたミラー M1 により Y 方向に反射され、Y ステージ 144 上に配置された Y 方向に移動可能なミラー M2 により X 方向に反射され、X ステージ 142 上に配置された X 方向に移動可能なミラー M3 により Z 方向に反射される。更に、Z ステージ 146 上に配置された TS レンズ 150 により、被検レンズ 400 の物体面 (レチクル面) 上へと集光され、被検レンズ 400 を透過後に、像面 (ウェハ面) 上に再結像される。

#### 【0022】

その後、再結像された光は、RS-XYZ ステージ 160 (RS-XYZ ステージ 160 は、X ステージ 162、Y ステージ 164、Z ステージ 166 を含む) 上に配置された RS ミラー 168 により反射され、被検レンズ 400、TS レンズ 150、ミラー M3、ミラー M2、ミラー M1、引き回し光学系 130 をほぼ同一光路で逆行し、再び、干渉計ユニット 120 へと逆入射する。

#### 【0023】

干渉計ユニット 120 へ入射した後の光は、コリメータレンズ 124 を透過、

ハーフミラー 1 2 3 で反射され、空間フィルター 1 2 5 上に集光される。ここで、空間フィルター 1 2 5 は、迷光及び急傾斜波面を遮断するためのものである。空間フィルター 1 2 5 を通過した後の光は、結像レンズ 1 2 6 により CCD カメラ 1 2 7 上にほぼ平行光束として入射する。

#### 【 0 0 2 4 】

一方、参照光については、TS レンズ 1 5 0 において、TS レンズ 1 5 0 へ往路で入射した光束の一部を反射させる。詳細には、TS レンズ 1 5 0 の最終面であるフィゾー面からの表面反射光を得て、かかる反射光を、ミラー M3、ミラー M2、ミラー M1、引き回し光学系 1 3 0、コリメータレンズ 1 2 4、ハーフミラー 1 2 3、空間フィルター 1 2 5、結像レンズ 1 2 6 の光路で逆行させ、参照光として CCD カメラ 1 2 7 へと入射させている。即ち、CCD カメラ 1 2 7 は、被検光と参照光との重ね合わせにより形成された干渉縞を検出する。

#### 【 0 0 2 5 】

ここで、TS-XYZ ステージ 1 4 0 (X ステージ 1 4 2、Y ステージ 1 4 4、Z ステージ 1 4 6) 及び RS-XYZ ステージ 1 6 0 (X ステージ 1 6 2、Y ステージ 1 6 4、Z ステージ 1 6 6) は、後述する開口数変更手段 1 7 0 の制御部 1 7 4 の制御によって、TS-XYZ ステージ駆動部 1 4 0 a 及び RS-XYZ ステージ駆動部 1 6 0 a を介して、被検レンズ 4 0 0 の任意の像点における波面収差を連続で測定可能となっている。

#### 【 0 0 2 6 】

ここで、開口数変更手段 1 7 0 について説明する。開口数変更手段 1 7 0 は、被検レンズ 4 0 0 に設けられた開口絞り 4 1 0 を駆動する駆動部 1 7 2 と、光が開口絞り 4 1 0 を通過することで生じる回折光によって、CCD カメラ 1 2 7 が検出する干渉縞が受ける位相変化の影響を低減するように、駆動部 1 7 2 を制御する制御部 1 7 4 とを有し、被検レンズ 4 0 0 の開口数を第 1 の開口数よりも大きな第 2 の開口数に変更する。なお、本実施形態では、制御部 1 7 4 は、TS-XYZ ステージ駆動部 1 4 0 a 及び RS-XYZ ステージ駆動部 1 6 0 a も制御するように構成されているが、それぞれを独立に制御する制御部を設けてもよい。

#### 【 0 0 2 7 】

開口数変更手段 170 は、被検レンズ 400 の開口数を可変とし、最軸外測定位置においても波面収差測定値に回折光が影響しないように、最大絞り径を有効開口数  $NA_0$  より十分大きく設定可能としている。開口数変更手段 170 により、測定前に、被検レンズ 400 の開口絞り 410 を最大に拡大し、その状態で、波面収差の測定を行う。

#### 【0028】

図 1 を参照するに、被検レンズ 400 の開口絞り 410 は、最大径を可変とできるように、被検レンズ 400 を構成する各レンズの有効径を確保している。また、主制御装置 180 により、駆動部 172 及び制御部 174 を介して、開口絞り 410 の径を測定前に必要に応じて制御可能な構成となっている。なお、開口絞り 410 の径は、測定前にオペレーターが手動で駆動部 172 を操作して変更してもよい。

#### 【0029】

以下、TS レンズ 150 が軸外の測定位置に移動した場合（即ち、被検レンズ 400 の開口絞り 410 と CCD カメラ 127 の被検面との光学的な共役な関係が崩れた場合）の被検レンズ 400 の波面収差の測定の流れについて説明する。TS レンズ 150 が軸外の測定位置に移動すると、上述したように、主制御装置 180 又はオペレーターの手動作業により、開口数変更手段 170 の駆動部 172 を介して、被検レンズ 400 の開口絞り 410 を最大径に設置する。

#### 【0030】

図 2 は、被検レンズ 400 の開口絞り 410 のエッジ位置を開口数  $NA = 1.0$  とした場合のエッジ近傍での回折の影響による被検光の位相変化を示すグラフである。TS レンズ 150 の移動量 80 mm を想定し、デフォーカス量が 80 mm におけるフレネル回折像を計算した結果である。また、瞳上での CCD カメラ 127 の画素サイズが瞳径の 0.5% とし、CCD カメラ 127 の画素内においては、回折像の平均化を行った結果である。

#### 【0031】

図 2 を参照するに、TS レンズ 150 の移動量  $\Delta L$  が 80 mm（X 方向及び Y 方向の移動量の和）の場合、エッジから 0.5% までは、位相変化が発生するが

、その内側においては、位相変化は発生していないことがわかる。被検レンズ 400 の有効開口数  $NA_0$  に対して、最大開口数  $NA_1$  を 0.5% 大きく確保することを考慮し、第 1 の開口数である有効開口数  $NA_0$  と第 2 の開口数である最大開口数  $NA_1$  が以下の数式 1 で示す関係式を満足するように、制御部 174 が駆動部 172 を制御すればよい。

【0032】

【数 1】

$$NA_0 / NA_1 < 0.995$$

【0033】

被検レンズ 400 の開口数が数式 1 を満足した状態で、波面収差の測定を軸上及び軸外の任意の点について連続して行えばよい。これにより、図 3 に示すように、位相変化は、被検レンズ 400 の開口数  $NA_0$  乃至  $NA_1$  の範囲のみとなり、被検レンズ 400 の有効開口数の内部には発生しない。この結果、被検レンズ 400 の有効開口数内部の瞳全面において、高精度な波面収差の測定が可能となる。ここで、図 3 は、収差測定装置 100 における被検レンズ 400 の瞳周辺の波面収差を示す概略模式図である。

【0034】

以下、図 4 を参照して、本発明の一側面である露光措置 200 について説明する。図 4 は、本発明の一側面である露光装置 200 の例示的一形態を示す概略構成図である。露光装置 200 は、収差測定装置 100 を露光装置に適用したものである。露光装置 200 は、例えば、ステップ・アンド・スキャン方式やステップ・アンド・リピート方式でマスク 220 に形成された回路パターンをウェハ 224 に露光する投影露光装置である。かかる露光装置は、サブミクロンやクォーターミクロン以下のリソグラフィ工程に好適であり、以下、本実施形態ではステップ・アンド・スキャン方式の露光装置（「スキャナー」とも呼ばれる）を例に説明する。ここで、「ステップ・アンド・スキャン方式」とは、マスクに対してウェハを連続的にスキャン（走査）してマスクパターンをウェハに露光すると

共に、1ショットの露光終了後ウェハをステップ移動して、次の露光領域に移動する露光方法である。「ステップ・アンド・リピート方式」は、ウェハの一括露光ごとにウェハをステップ移動して次の露光領域に移動する露光方法である。

#### 【0035】

露光装置200の基本的な構成は、先願である公開特許公報2000年277412号と同様である。図4を参照するに、光源210から射出されたレーザー光は、ビーム整形光学系212により光軸に対して対称なビーム形状に変換され、光路切り替えミラー214に導光される。光路切り替えミラー214は、通常の露光時は光路外に配置される。

#### 【0036】

ビーム整形光学系212を射出した光束は、インコヒーレント化光学系216へ入射し、可干渉性を低下させた後に照明光学系218を透過し、マスク（又はマスク面）220を照明する。マスク220を通過してマスクパターンを反映する光は、投影光学系222によってウェハ224が配置されるウェハ面位置224aに結像される。なお、図4においては、露光時を示していないため、ウェハ224はウェハ面位置224aに位置していないが、露光時には、ウェハステージ226によってウェハ面位置224aに移動される。

#### 【0037】

一方、投影光学系222の波面収差を測定する場合には、光路切り替えミラー214が光路中に配置される。また、開口数変更手段170の制御部174により、駆動部172を介して、投影光学系222の開口数を可変とする開口絞り222aの開口径を駆動し、投影光学系222の開口数を通常の露光時の開口数 $NA_0$ から最大開口数 $NA_1$ に変更する。なお、制御部174は、投影光学系の開口数 $NA_0$ と開口数 $NA_1$ が数式1の関係を満足するように駆動部172を制御する。かかる状態で、ビーム整形光学系212からの光束は、光路切り替えミラー214により反射され、引き回し光学系230へと導かれ、マスク220の近傍に配置された干渉計ユニット120付近へと導光される。引き回し光学系230から射出した光束は、集光レンズ232により一点に集められる。ここで、集光レンズ232の焦点近傍にはピンホール234が配置されている。

## 【0038】

ピンホール 234 を通過した光束は、コリメータレンズ 236 により平行光に変換される。ピンホール 234 の径は、コリメータレンズ 236 の開口数 (NA) によって決まるエアリーディスク径と同程度に設定されている。この結果、ピンホール 234 から射出した光束は、ほぼ理想的な球面波となっている。コリメータレンズ 236 からの平行光は、ハーフミラー 238 により反射され、ミラー M4 を介して、TS-XYZ ステージ 140 に配置された TS レンズ 150 へと入射する。TS レンズ 150 に入射した光束は、上述したように、被検光と参照光に分割され、干渉計ユニット 120 にて干渉縞を形成する。かかる干渉縞によって投影光学系 222 の波面収差を高精度に求めることができる。

## 【0039】

投影光学系 222 の波面収差を測定した後に、開口数変更手段 170 により開口絞り 222a を駆動し、投影光学系 222 を通常露光時の開口数に戻し、光路切り替えミラー 214 を照明光学系 218 側に切り替え、露光を行う。ただし、より高精度な光学性能を投影光学系 222 に要求される場合には、波面収差の測定後、かかる測定量に基づき、例えば、構成する投影レンズのレンズ間隔及び位置を調整して、波面収差の補正を行う補正手段 250 を構成してもよい。

## 【0040】

次に、図 5 及び図 6 を参照して、露光装置 200 を利用したデバイス製造方法の実施例を説明する。図 5 は、デバイス (IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CCD 等) の製造を説明するためのフローチャートである。ここでは、半導体チップの製造を例に説明する。ステップ 1 (回路設計) では、デバイスの回路設計を行う。ステップ 2 (マスク製作) では、設計した回路パターンを形成したマスクを製作する。ステップ 3 (ウェハ製造) では、シリコンなどの材料を用いてウェハを製造する。ステップ 4 (ウェハプロセス) は前工程と呼ばれ、マスクとウェハを用いてリソグラフィ技術によってウェハ上に実際の回路を形成する。ステップ 5 (組み立て) は後工程と呼ばれ、ステップ 4 によって作成されたウェハを用いて半導体チップ化する工程であり、アッセンブリ工程 (ダイシング、ボンディング)、パッケージング工程 (チップ封入) 等の工程を含む。ステッ

プ6（検査）では、ステップ5で作成された半導体デバイスの動作確認テスト、耐久性テストなどの検査を行う。こうした工程を経て半導体デバイスが完成し、これが出荷（ステップ7）される。

#### 【0041】

図6は、ステップ4のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。ステップ11（酸化）では、ウェハの表面を酸化させる。ステップ12（CVD）では、ウェハの表面に絶縁膜を形成する。ステップ13（電極形成）では、ウェハ上に電極を蒸着などによって形成する。ステップ14（イオン打ち込み）では、ウェハにイオンを打ち込む。ステップ15（レジスト処理）では、ウェハに感光剤を塗布する。ステップ16（露光）では、露光装置200によってマスクの回路パターンをウェハに露光する。ステップ17（現像）では、露光したウェハを現像する。ステップ18（エッチング）では、現像したレジスト像以外の部分を削り取る。ステップ19（レジスト剥離）では、エッチングが済んで不要となったレジストを取り除く。これらのステップを繰り返し行うことによってウェハ上に多重に回路パターンが形成される。本実施形態のデバイス製造方法によれば、従来よりも高品位のデバイスを製造することができる。このように、露光装置200を使用するデバイス製造方法、並びに結果物としてのデバイスも本発明の一側面を構成する。

#### 【0042】

以上、本発明の好ましい実施例について説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されないことはいうまでもなく、その要旨の範囲内で種々の変形及び変更が可能である。例えば、本実施形態では、被検レンズの物体面側から光を入射させているが、像面側から入射させてもよい。

#### 【0043】

本出願は、更に以下の事項を開示する。

#### 【0044】

〔実施態様1〕 被検レンズの物体面又は像面上に光束を集光させる集光光学系と、前記被検レンズの像面又は物体面上に曲率中心が配置された反射光学系と、前記被検レンズの波面収差を干渉縞として検出する検出光学系とを有する収差



測定装置を利用する収差測定方法であって、

前記集光光学系と前記検出光学系とを所定の位置に配置すると共に、第1の開口数において前記被検レンズの波面収差を測定する第1の測定ステップと、

前記集光光学系と前記検出光学系とを前記所定の位置とは光学的な相対位置が異なる位置に配置すると共に、前記被検レンズの開口数を前記第1の開口数よりも大きな第2の開口数に変更する開口数変更ステップと、

前記変更ステップで変更された前記第2の開口数において前記被検レンズの波面収差を測定する第2の測定ステップとを有することを特徴とする収差測定方法。

#### 【0045】

〔実施態様2〕 前記所定の位置とは、前記集光光学系と前記検出光学系とが略共役な位置関係のことであることを特徴とする実施態様1記載の収差測定方法。

#### 【0046】

〔実施態様3〕 前記所定の位置とは、前記集光光学系の後ろ側或いは前記集光位置が、前記検出光学系の前側或いは後ろ側集光位置と略一致するような位置であることを特徴とする実施態様1又は2記載の収差測定方法。

#### 【0047】

〔実施態様4〕 前記開口数変更ステップは、前記第1の開口数を $NA_0$ 、前記第2の開口数を $NA_1$ としたとき、 $NA_0/NA_1 < 0.995$ を満足するように前記被検レンズの開口数を変更する特徴とする実施態様1記載の収差測定方法。

#### 【0048】

〔実施態様5〕 光束を用いて開口数を可変とする開口絞りが設けられた被検レンズの波面収差を測定する測定装置であって、

前記被検レンズの開口数を第1の開口数よりも大きな第2の開口数に変更する開口数変更手段と、

前記被検レンズの波面収差を干渉縞として検出する検出光学系とを有することを特徴とする収差測定装置。

## 【0049】

〔実施態様6〕 前記開口数変更手段は、  
前記開口絞りを駆動する駆動部と、  
前記光束が前記開口絞りを通過することで生じる回折光によって、前記検出光学系が検出する干渉縞が受ける位相変化の影響を低減するように、前記駆動部を制御する制御部とを有することを特徴とする実施態様5記載の収差測定装置。

## 【0050】

〔実施態様7〕 前記第1の開口数を $NA_0$ 、前記第2の開口数を $NA_1$ としたとき、 $NA_0/NA_1 < 0.995$  を満足することを特徴とする実施態様5記載の収差測定装置。

## 【0051】

〔実施態様8〕 前記光束は、前記被検レンズの物体面側から入射することを特徴とする実施態様5記載の収差測定装置。

## 【0052】

〔実施態様9〕 レチクルに形成されたパターンを被処理体に投影する投影レンズと、  
前記投影レンズの開口数を変更することが可能な開口絞りとを有することを特徴とする投影光学系。

## 【0053】

〔実施態様10〕 前記開口絞りは、前記投影レンズの開口数を第1の開口数と、前記第1の開口数よりも大きな第2の開口数とに変更することを特徴とする実施態様9記載の投影光学系。

## 【0054】

〔実施態様11〕 レチクルに形成されたパターンを被処理体に露光する露光装置であって、  
開口数を可変とする開口絞りが設けられ、前記レチクルに形成されたパターンを前記被処理体に投影する投影レンズと、  
前記投影レンズの波面収差を測定する収差測定装置であって、  
前記投影レンズの開口数を第1の開口数よりも大きな第2の開口数に変更する

開口数変更手段と、

前記投影レンズの波面収差を干渉縞として検出する検出光学系とを有する収差測定装置とを有することを特徴とする露光装置。

#### 【0055】

〔実施態様 12〕 前記収差測定装置が測定した前記波面収差を基に、前記投影レンズの波面収差を補正する補正手段とを有することを特徴とする実施態様 11 記載の露光装置。

#### 【0056】

〔実施態様 13〕 実施態様 11 又は 12 記載の露光装置を用いて被処理体を露光するステップと、

露光された前記被処理体に所定のプロセスを行うステップとを有することを特徴とするデバイス製造方法。

#### 【0057】

##### 【発明の効果】

本発明によれば、被検レンズの有効開口数の全面に亘って、高精度な波面収差の測定が可能な収差測定方法を提供することができる。

##### 【図面の簡単な説明】

【図 1】 本発明の一側面としての収差測定装置 100 の例示的一形態を示す概略構成図である。

【図 2】 被検レンズの開口絞りのエッジ位置を開口数  $NA = 1.0$  とした場合のエッジ近傍での回折の影響による被検光の位相変化を示すグラフである。

【図 3】 図 1 に示す収差測定装置における被検レンズの瞳周辺の波面収差を示す概略模式図である。

【図 4】 本発明の一側面である露光装置の例示的一形態を示す概略構成図である。

【図 5】 デバイス（IC や LSI などの半導体チップ、LCD、CCD 等）の製造を説明するためのフローチャートである。

【図 6】 図 5 に示すステップ 4 のウェハプロセスの詳細なフローチャートである。

【図 7】 従来の収差測定装置を示す概略構成図である。

【図 8】 図 7 に示す開口絞りと CCD カメラとの配置関係を示す概略ブロック図である。

【図 9】 従来の収差測定装置における被検レンズの瞳周辺の波面収差を示す概略模式図である。

【符号の説明】

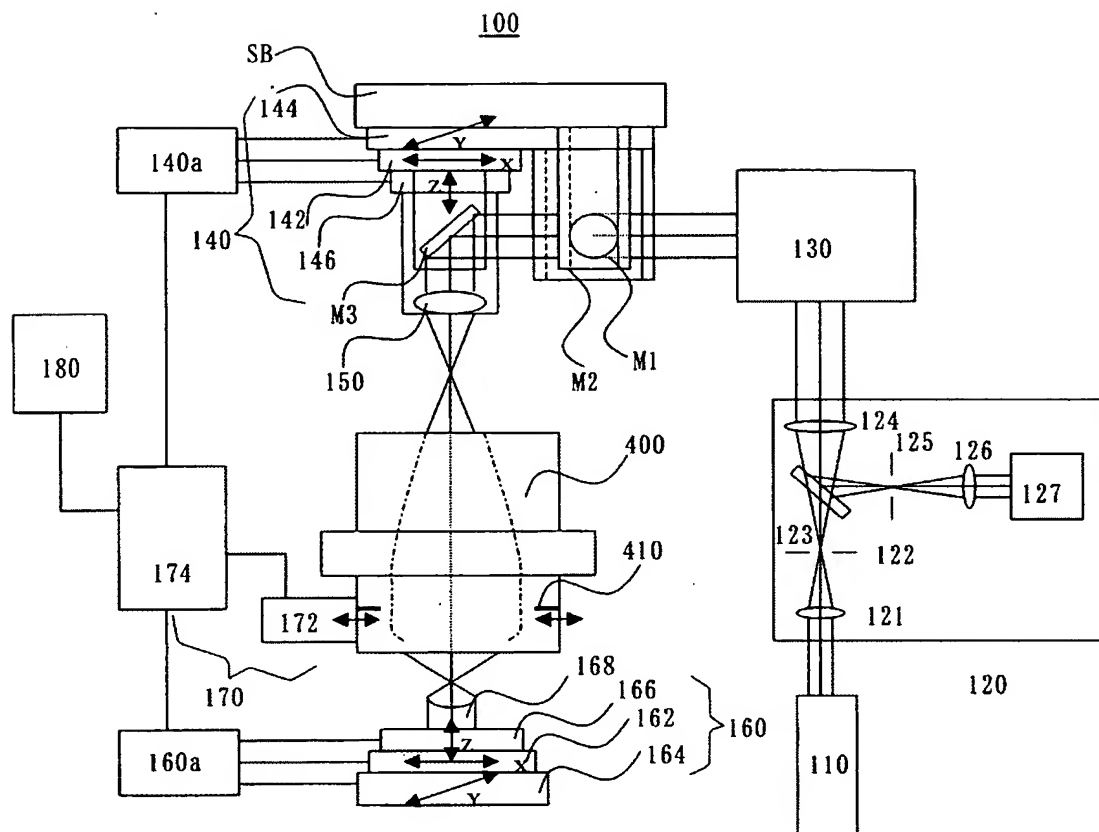
1 0 0	収差測定装置
1 1 0	光源
1 2 0	干渉計ユニット
1 2 1	集光レンズ
1 2 2	空間フィルター
1 2 3	ハーフミラー
1 2 4	コリメータレンズ
1 2 5	空間フィルター
1 2 6	結像レンズ
1 2 7	CCD カメラ
1 3 0	引き回し光学系
1 4 0	TS-X Y Z ステージ
1 5 0	TS レンズ
1 6 0	RS-X Y Z ステージ
1 6 8	RS ミラー
1 7 0	開口数変更手段
1 7 2	駆動部
1 7 4	制御部
1 8 0	主制御装置
2 0 0	露光装置
2 1 0	光源
2 1 2	ビーム整形光学系
2 1 4	光路切り替えミラー

2 1 6	インコヒーレント化光学系
2 1 8	照明光学系
2 2 0	マスク
2 2 2	投影光学系
2 2 2 a	開口絞り
2 2 4	ウェハ
2 2 6	ウェハステージ
2 3 0	引き回し光学系
2 3 2	集光レンズ
2 3 4	ピンホール
2 3 6	コリメータレンズ
2 3 8	ハーフミラー
2 5 0	補正手段
4 0 0	被検レンズ
4 1 0	開口絞り

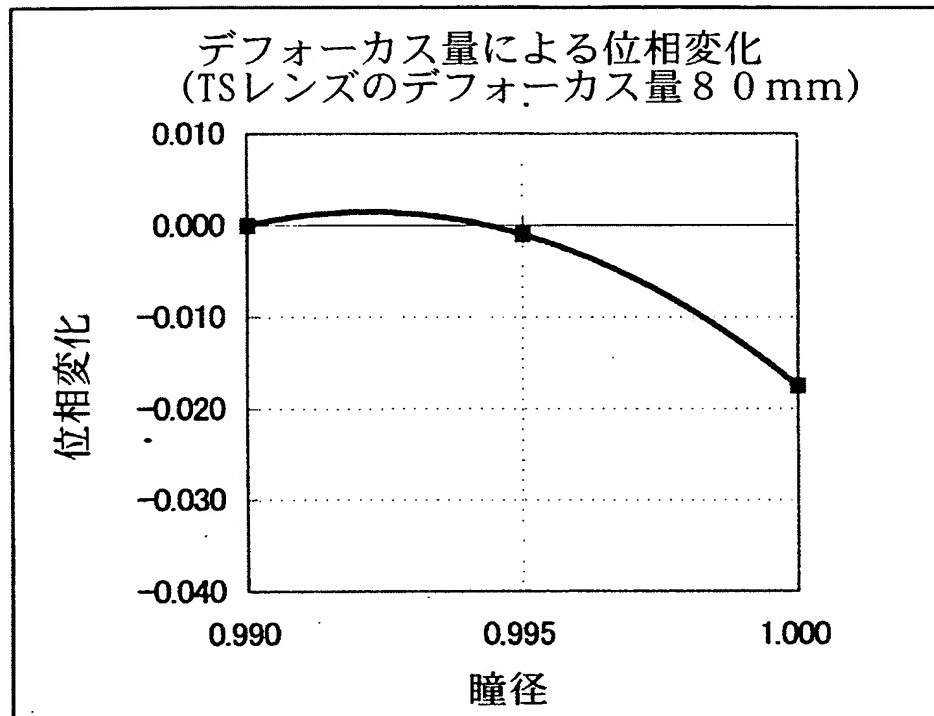
【書類名】

図面

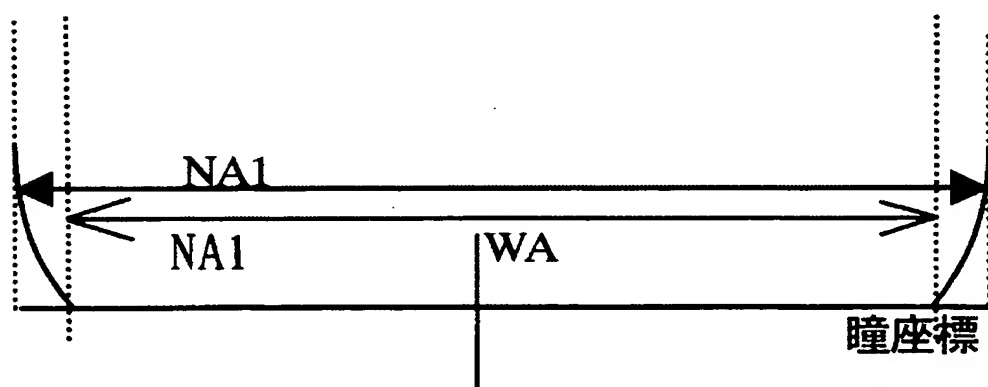
【図 1】



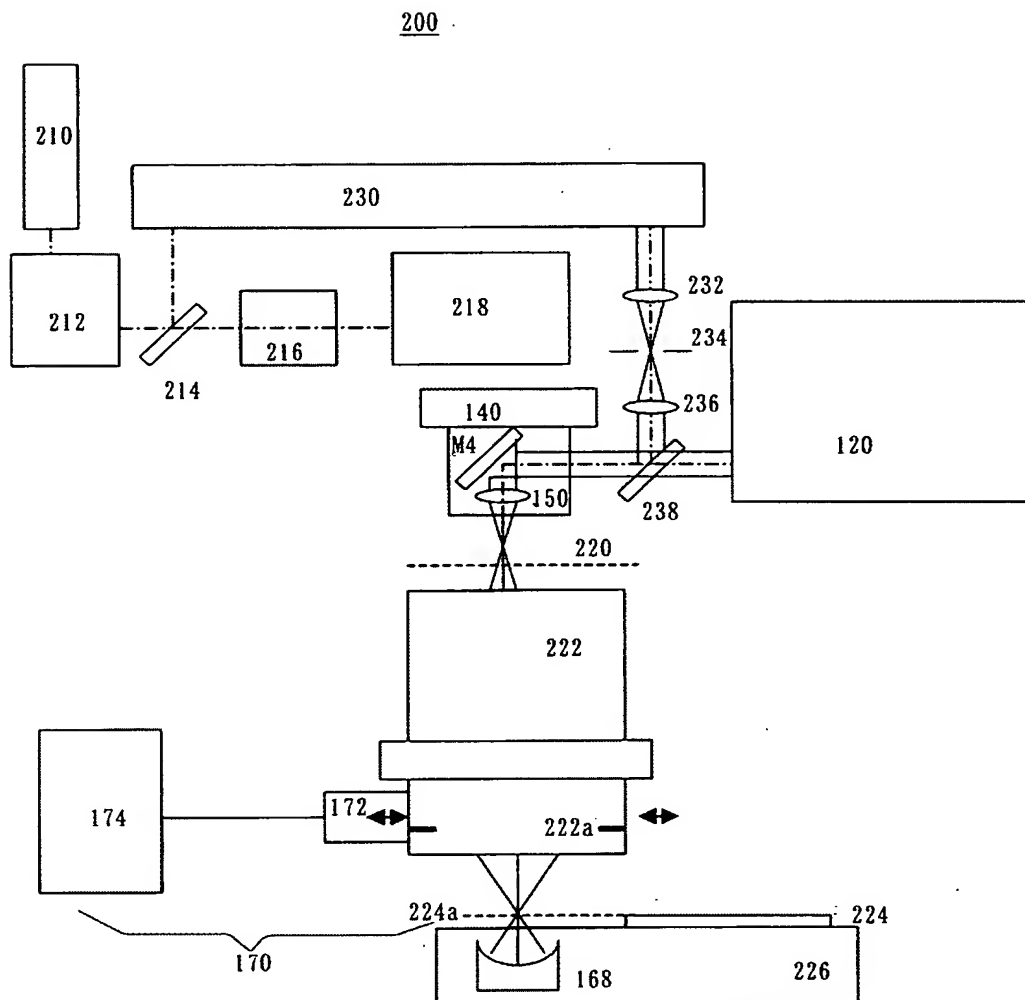
【図 2】



【図 3】

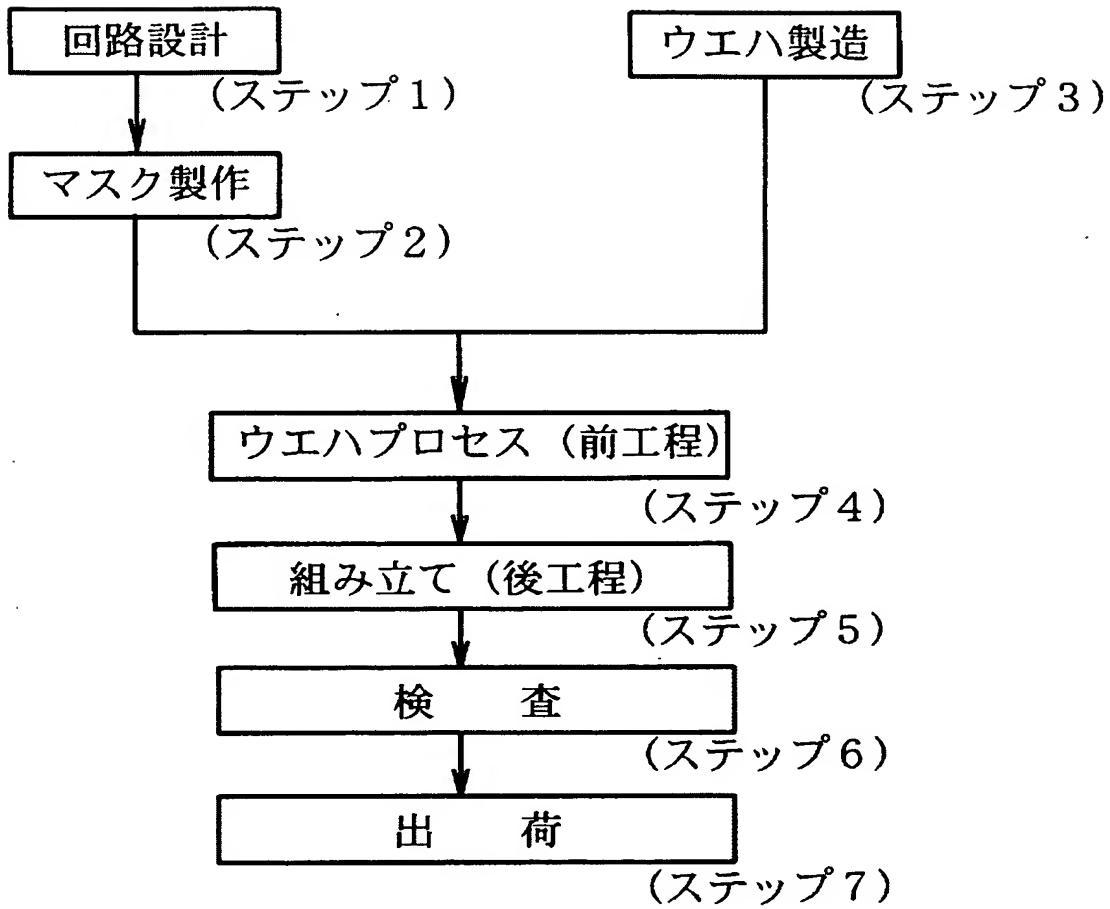


【図 4】

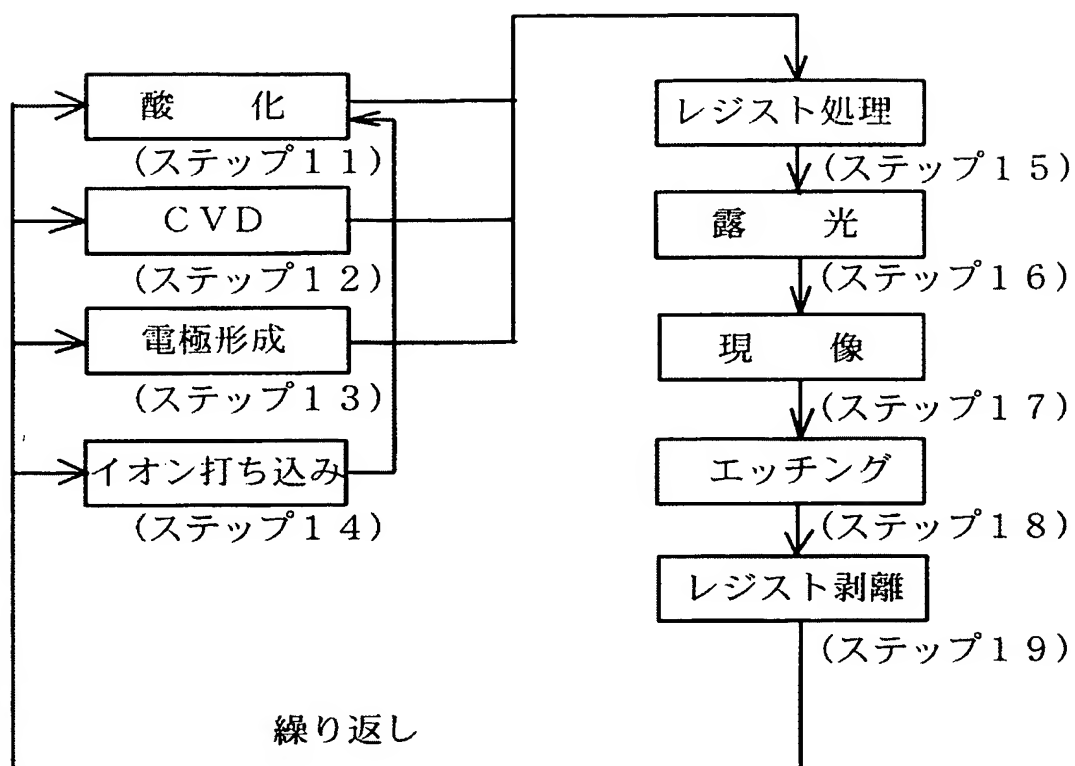




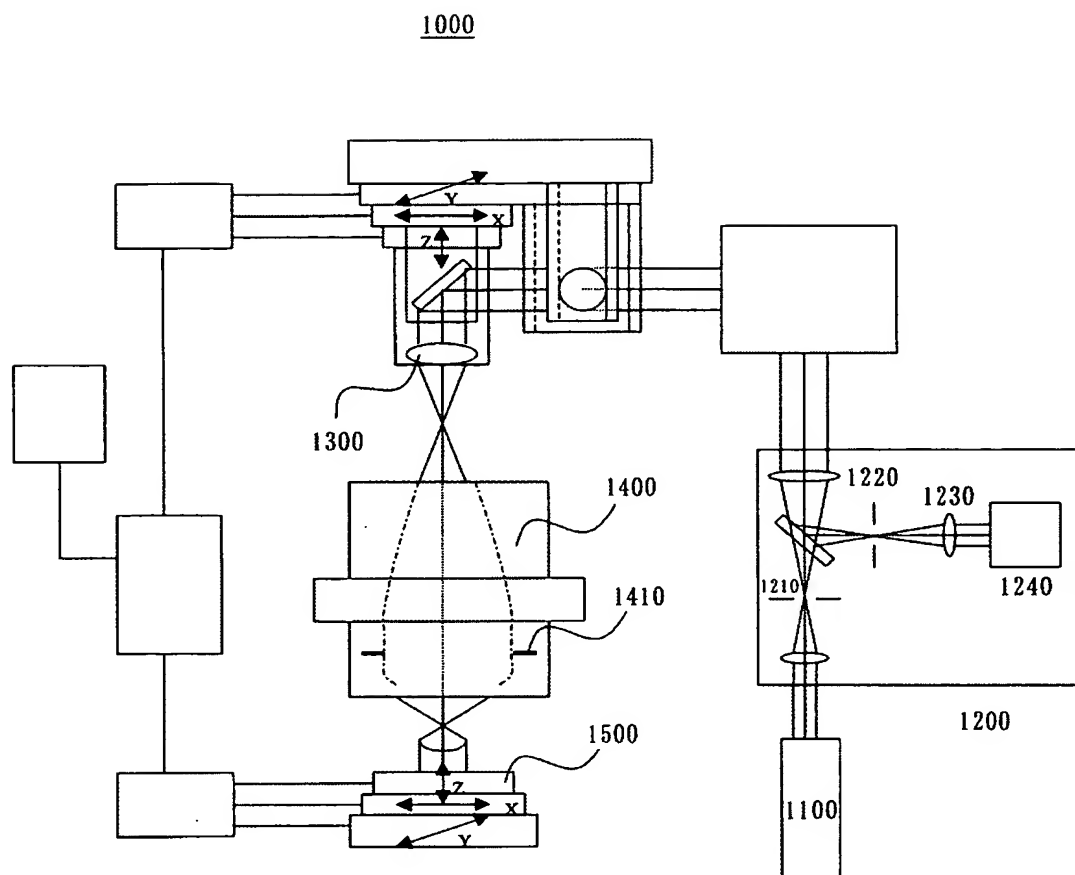
【図 5】



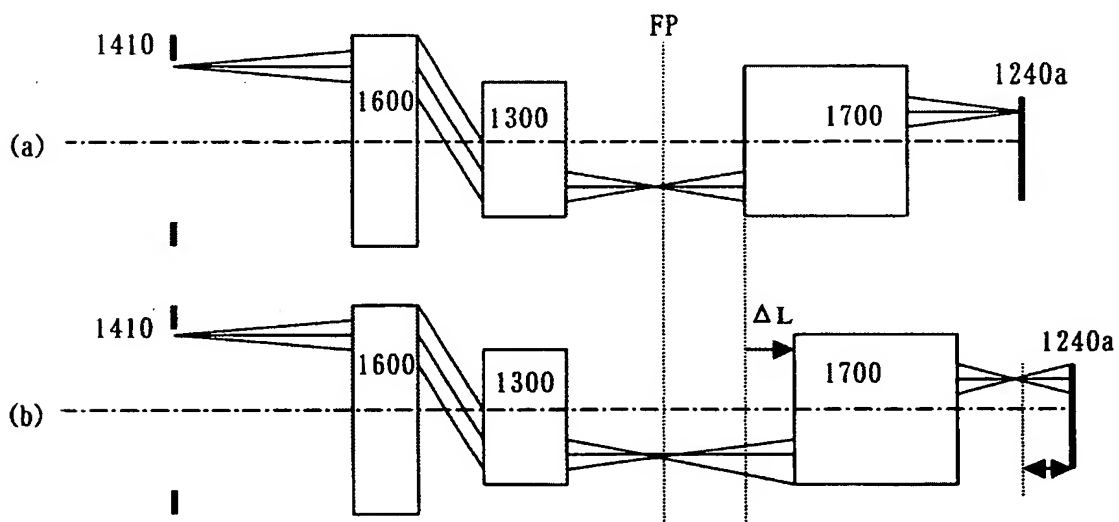
【図 6】



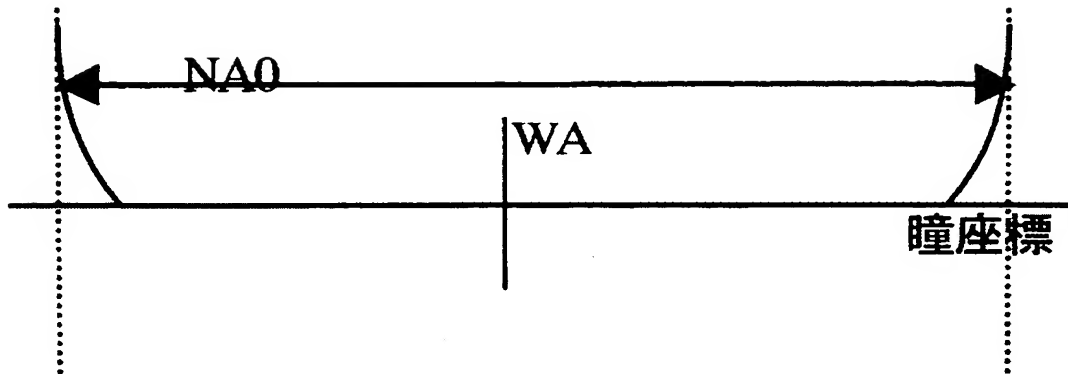
【図 7】



【図 8】



【図 9】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 被検レンズの有効開口数の全面に亘って、高精度な波面収差の測定が可能な収差測定方法を提供する。

【解決手段】 被検レンズの物体面又は像面上に光束を集光させる集光光学系と、前記被検レンズの像面又は物体面上に曲率中心が配置された反射光学系と、前記被検レンズの波面収差を干渉縞として検出する検出光学系とを有する収差測定装置を利用する収差測定方法であって、前記集光光学系と前記検出光学系とを所定の位置に配置すると共に、第1の開口数において前記被検レンズの波面収差を測定する第1の測定ステップと、前記集光光学系と前記検出光学系とを前記所定の位置とは光学的な相対位置が異なる位置に配置すると共に、前記被検レンズの開口数を前記第1の開口数よりも大きな第2の開口数に変更する開口数変更ステップと、前記変更ステップで変更された前記第2の開口数において前記被検レンズの波面収差を測定する第2の測定ステップとを有することを特徴とする収差測定方法を提供する。

【選択図】 図1

特願 2 0 0 3 - 0 6 2 0 1 6

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号

[ 0 0 0 0 0 1 0 0 7 ]

1. 変更年月日

1 9 9 0 年 8 月 3 0 日

[変更理由]

新規登録

住 所

東京都大田区下丸子 3 丁目 3 0 番 2 号

氏 名

キャノン株式会社